

76270

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND (12) Offenlegungsschrift  
DEUTSCHES (10) DE 198 48 949 A 1  
PATENT- UND  
MARKENAMT



(51) Int. Cl. 6:  
G 01 V 8/12  
G 01 D 5/244

DE 198 48 949 A 1

(21) Aktenzeichen: 198 48 949.8  
(22) Anmeldetag: 23. 10. 98  
(43) Offenlegungstag: 12. 5. 99

(66) Innere Priorität:  
197 47 517.5 28. 10. 97

(72) Erfinder:  
Fauth, Siegfried, Dipl.-Ing., 73230 Kirchheim, DE

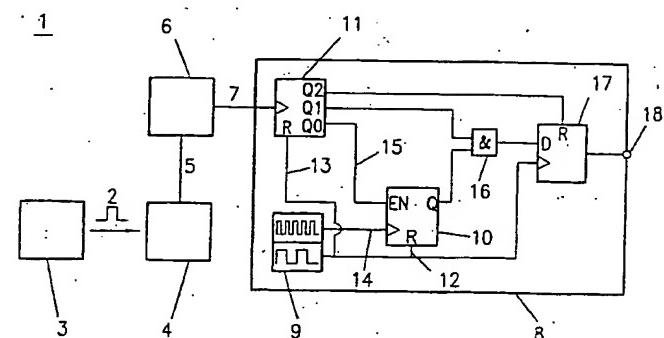
(71) Anmelder:  
Leuze electronic GmbH + Co, 73277 Owen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Betrieb einer Lichtschranke

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Elimination von Störsignalen bei einer zwei Schaltzustände "Lichtweg frei" und "Lichtweg nicht frei" aufweisenden Lichtschranke (1) mit einem periodisch betriebenen Sender (3) und einem an eine Auswerteeinheit (8) angeschlossenen Empfänger (4). Der Sender (3) emittiert innerhalb einer Periodendauer  $T$  einen Lichtimpuls (2) mit einer Pulsdauer  $T_S$ , worauf eine Sendepause  $T_P$  folgt. In der Auswerteeinheit (8) wird jeweils die Länge der Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger (4) auftreffenden Lichtimpulsen (2) mit der Länge der Sendepause  $T_P$  verglichen. Die Lichtschranke (1) wechselt in den Schaltzustand "Lichtweg frei", falls bei einer vorgegebenen Anzahl von Pausen jeweils deren Länge mit einer vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_P$  übereinstimmt. Die Lichtschranke (1) wechselt in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei", falls während wenigstens einer Periodendauer  $T$  kein Lichtimpuls (2) am Empfänger (4) registriert wurde.



DE 198 48 949 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Elimination von Störsignalen bei einer Lichtschranke.

Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 196 13 940 C2 bekannt. Die dort beschriebene Lichtschranke weist zwei Schaltzustände "Lichtweg frei" und "Lichtweg nicht frei" auf. Der Sender der Lichtschranke sendet periodisch Folgen von Lichtimpulsen aus, wobei jeweils innerhalb einer Periode  $T$  innerhalb eines Zeitintervalls  $T_S$  eine vorgegebenen Anzahl von  $N_S$  Lichtimpulsen ausgesendet wird, worauf sich eine Sendepause  $T_P$  anschließt. In der Auswerteeinheit der Lichtschranke werden auf den Empfänger auftreffende Lichtimpulse jeweils während vorgegebener Zeitintervalle  $T_E$  ausgewertet, wobei das Zeitintervall  $T_E$  geringfügig größer als das Zeitintervall  $T_S$  ist.

Ausgehend vom Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wird das Zeitintervall  $T_E$  erstmals dann geöffnet, sobald empfangsseitig ein Lichtimpuls registriert wird. Der Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt erst dann in den Schaltzustand "Lichtweg frei", nachdem  $N_S$  Lichtimpulse innerhalb eines Zeitintervalls  $T_E$  registriert worden sind.

Im Schaltzustand "Lichtweg frei" wird das Zeitintervall  $T_E$  jeweils nach seiner Beendigung geöffnet, sobald empfangsseitig ein Lichtimpuls registriert wird. Dabei verbleibt die Lichtschranke im Schaltzustand "Lichtweg frei" auch dann, wenn während eines vorgegebenen Zeitintervalls  $T_1$ , welches größer oder gleich der Periodendauer  $T = T_S + T_P$  ist, empfangsseitig innerhalb wenigstens eines Zeitintervalls  $T_E$  wenigstens  $N_{min}$  Lichtimpulse registriert werden, wobei  $0,5 N_S < N_{min} < N_S$  ist.

Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist, daß ohne eine Synchronisierung von Sender und Empfänger eine weitgehend sichere Detektion von Störsignalen gewährleistet ist.

Jedoch kann es bei derartigen Lichtschranken insbesondere dann zu Fehlschaltungen kommen, wenn sich ein Objekt im Strahlengang befindet und gleichzeitig von einer Störlichtquelle emittierte Lichtimpulse mit sich verändernder Frequenz auf den Empfänger der Lichtschranke treffen. Aufgrund der sich verändernden Störlichtfrequenz kann es vorkommen, daß innerhalb eines Zeitintervalls  $T_E$  gerade  $N_S$  Lichtimpulse registriert werden, worauf die Lichtschranke fälschlicherweise in den Schaltzustand "Lichtweg frei" wechselt. Wenn dann die für den Wechsel in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" geforderte Anzahl  $N_{min}$  von Lichtimpulsen erheblich kleiner als der Wert  $N_S$  ist, kann der Schaltzustand "Lichtweg frei" sogar über eine längere Zeit erhalten bleiben.

Derartige Fehlerquellen könnten prinzipiell dadurch minimiert werden, daß die für den Wechsel in den Schaltzustand "Lichtweg frei" geforderte Anzahl von  $N_S$  Lichtimpulsen sehr groß gewählt würde. Dies würde jedoch zu einer unerwünscht niedrigen Schaltfrequenz der Lichtschranke führen.

Ferner ist bei diesem Verfahren nachteilig, daß der Sender eine Folge von kurzen Lichtimpulsen generieren muß, wobei dabei die Pausen zwischen zwei Lichtimpulsen ebenfalls sehr kurz sind. Dies führt zu einem relativ großen schaltungstechnischen Aufwand bei der Pulsforschung der Lichtimpulse und zu einer relativ hohen Belastung des Senders. Zudem ist auch empfangsseitig ein erhöhter Aufwand notwendig, um die einzelnen Lichtimpulse getrennt voneinander zu detektieren. Dies macht den Einsatz von hochwertigen, schnellen elektronischen Bauteilen notwendig, wodurch die Herstellkosten der Lichtschranke relativ groß sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde auf möglichst einfache Weise einen störungsfreien Betrieb einer Licht-

schranke zu gewährleisten.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfindungsgemäß emittiert der Sender der Lichtschranke innerhalb einer Periodendauer  $T$  einen Lichtimpuls mit einer Pulsdauer  $T_P$ , worauf eine Sendepause  $T_S$  folgt.

In der Auswerteeinheit wird jeweils die Länge der Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden auf den Empfänger auftreffenden Lichtimpulsen mit der Länge der Sendepause  $T_P$  verglichen.

Die Lichtschranke wechselt vom Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" in den Schaltzustand "Lichtweg frei", falls 15 bei einer vorgegebenen Anzahl von Pausen jeweils deren Länge mit einer vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_P$  übereinstimmt.

Die Lichtschranke wechselt dagegen in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei", falls während wenigstens einer Periodendauer  $T$  kein Lichtimpuls am Empfänger registriert wurde.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden somit die vom Sender emittierten Lichtimpulse daran erkannt, ob zwischen den einzelnen Lichtimpulsen eine Pause vorgegebener Länge registriert wird. Nur wenn dies der Fall ist, wechselt die Lichtschranke in den Schaltzustand "Lichtweg frei". Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens besteht dabei darin, daß der Sender keine Folgen von kurz aufeinander folgenden Lichtimpulsen emittieren muß. Vielmehr emittiert der Sender einzelne Lichtimpulse, deren Impulsdauer beträchtlich kürzer als die darauffolgende Sendepause sein kann. Dadurch brauchen keine besonderen Anforderungen an die Bauelemente zur Impulsformung der vom Sender emittierten Lichtimpulse sowie die Bauelemente der Auswerteeinheit, insbesondere hinsichtlich schneller Auswertezeiten, gestellt werden. Die erfindungsgemäße Lichtschranke weist demzufolge einen äußerst kostengünstigen Aufbau auf.

Des Weiteren ist vorteilhaft, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Störsignale eliminiert werden können, ohne daß hierfür der Empfänger auf den Sender synchronisiert werden muß.

Schließlich ist vorteilhaft, daß die erfindungsgemäße Lichtschranke eine hohe Verfügbarkeit aufweist. Dies beruht darauf, daß die Lichtschranke nur dann in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt, wenn wenigstens während einer Periodendauer  $T$  kein Lichtimpuls registriert wird. Dies bedeutet, daß die Lichtschranke auch dann im Schaltzustand "Lichtweg frei" verbleibt, wenn zusätzlich zu den vom Sender emittierten Lichtimpulsen auch Störlichtimpulse empfangen werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wechselt die Lichtschranke nicht nur dann in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei", wenn während einer Periodendauer  $T$  kein Lichtimpuls registriert wurde, sondern auch dann wenn eine vorgegebene Anzahl von Pausen zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger auftreffenden Lichtimpulsen nicht innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_P$  übereinstimmt. In diesem Fall können auch Störlichtstrahlungen den Übergang in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" bewirken. In diesem Fall ist die Verfügbarkeit der Lichtschranke zwar eingeschränkt. Jedoch ist dieses Auswerteverfahren besonders für sicherheitstechnische Applikationen geeignet. Dort wird gefordert, daß die Lichtschranke mit hoher Zuverlässigkeit nur dann den Schaltzustand "Lichtweg frei" einnimmt, wenn am Empfänger nur die vom Sender emittierten Lichtimpulse auftreffen.

Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Lichtschanke.

Fig. 2 Impulsdiagramme für die gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens arbeitenden Lichtschanke gemäß Fig. 1.

Fig. 3 Impulsdiagramme für eine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens arbeitenden Lichtschanke

- a) bei einer anfänglich im Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" befindlichen Lichtschanke
- b) bei einer anfänglich im Schaltzustand "Lichtweg frei" befindlichen Lichtschanke.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Lichtschanke 1 mit einem Lichtimpulse 2 emittierenden Sender 3 und einem in Abstand zu diesem angeordneten Empfänger 4. Die vom Sender 3 periodisch emittierten Lichtimpulse 2 treffen bei freiem Strahlengang auf den Empfänger 4. Befindet sich dagegen ein Objekt im Strahlengang zwischen dem Sender 3 und dem Empfänger 4, so werden die Lichtimpulse 2 am Objekt reflektiert und gelangen nicht zum Empfänger 4. Dementsprechend weist die Lichtschanke 1 zwei Schaltzustände auf, nämlich den Schaltzustand "Lichtweg frei" sowie den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei".

Der Sender 3 ist vorzugsweise von einer Leuchtdiode gebildet, der Empfänger 4 von einer Photodiode. Die am Ausgang des Empfängers 4 anstehenden Empfangssignale werden über eine Zuleitung 5 einem Komparator 6 zugeführt. Mit dem im Komparator 6 erzeugten Schwellwert werden Störsignale, deren Amplitude unterhalb des Schwellwerts liegen, ausgefiltert.

Der Ausgang des Komparators 6 ist über eine Zuleitung 7 auf eine Auswerteeinheit 8 geführt, welche beispielsweise in Form eines ASICS ausgebildet sein kann.

Die Auswerteeinheit 8 weist einen Taktoszillator 9 auf. Der Taktoszillator 9 generiert eine erste Impulsfolge mit der Frequenz  $f_1$  und mittels eines Teilers eine zweite Impulsfolge mit einer Frequenz  $f_2$ , die kleiner als die Frequenz  $f_1$  ist.

An den Taktoszillator 9 ist ein erster und ein zweiter Zähler 10, 11 angeschlossen. Hierzu ist jeweils eine Zuleitung 12, 13 vom Taktoszillator 9 auf einen Reset-Eingang R des ersten und zweiten Zählers 10, 11 geführt. Über diese Zuleitungen 12, 13 werden die Zähler 10, 11 jeweils mit der Frequenz  $f_2$  des Taktoszillators 9 getriggert. Des Weiteren ist eine weitere Zuleitung 14 vom Taktoszillator 9 auf einen Eingang des ersten Zählers 10 geführt, wobei dieser Eingang mit der Frequenz  $f_1$  des Taktoszillators 9 getriggert ist. Auf den entsprechenden Eingang des zweiten Zählers 11 ist das am Ausgang des Komparators 6 anstehende Empfangssignal geführt. Schließlich ist der Ausgang Q0 des zweiten Zählers 11 über eine Zuleitung 15 an dem Eingang EN des ersten Zählers 10 angeschlossen.

Der Ausgang Q des ersten Zählers 10 sowie der Ausgang Q1 des zweiten Zählers 11 sind auf ein UND-Glied 16 geführt, dessen Ausgang an einen Eingang D eines D-Flip-Flops 17 angeschlossen ist. Zudem ist ein Ausgang Q2 des zweiten Zählers 11 sowie ein Ausgang des Taktoszillators 9 an das D-Flip-Flop 17 angeschlossen, wobei das D-Flip-Flop 17 mit der Frequenz  $f_2$  des Taktoszillators 9 beaufschlagt ist. An den Ausgang des D-Flip-Flops 17 ist ein Schaltausgang 18 angeschlossen, über welchen die Schaltzustände der Lichtschanke 1 ausgegeben werden.

Die Funktionsweise dieser Lichtschanke 1 ist aus Fig. 2 ersichtlich. Die auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtim-

pulse 2 werden in der Auswerteeinheit 8 jeweils innerhalb zeitlich konstanter, unmittelbar aufeinanderfolgender und gleicher Rahmenintervalle ausgewertet. Die Rahmenintervalle werden durch den Taktoszillator 9 vorgegeben, wobei hierzu wie in Fig. 2 dargestellt die Taktimpulse mit der Frequenz  $f_2$  verwendet werden. Dementsprechend beträgt die Dauer der Rahmenintervalle  $T_R = 1/f_2$ . Dabei ist  $T_R$  so gewählt, daß die Bedingung

$$10 \quad (N-1) \cdot T < T_R < N \cdot T$$

erfüllt ist, wobei  $N \cdot T$  ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer T mit  $N > 2$  ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel beträgt  $N = 3$ , wobei  $T_R$  vorzugsweise den Wert  $T_{OR} = 2,5 \cdot T$  annimmt.

Befindet sich die Lichtschanke 1 im Schaltzustand "Lichtweg nicht frei", so wird innerhalb eines jeden Rahmenintervalls geprüft, ob jeweils die Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtimpulse 2 mit einer vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die vorgegebene Genauigkeit erreicht, wenn die Länge der Pause größer oder gleich dem Wert  $F \cdot T_p$  ist, wobei F im Bereich von  $0,85 < F < 0,95$  liegt. Vorzugsweise beträgt F = 0,9.

Zudem wird bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel geprüft, ob innerhalb des Rahmenintervalls N oder N-1 Lichtimpulse 2 registriert werden. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wechselt die Lichtschanke 1 nach Schließen des betreffenden Rahmenintervalls den Schaltzustand "Lichtweg frei".

Die Lichtschanke 1 wechselt nur dann wieder in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei", wenn innerhalb eines Rahmenintervalls weniger als N-1 Lichtimpulse 2 empfan- 35 gen werden. Dies bedeutet, daß wenigstens eine Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Lichtimpulsen 2 innerhalb dieses Rahmenintervalls größer als die Periodendauer T war.

In Fig. 2 sind sechs aufeinanderfolgende Rahmenintervalle aufgetragen, welche mit a, b, c, d, e, f gekennzeichnet sind. Jedes Rahmenintervall wird mit einem Impuls des Taktgenerators geöffnet. Mit diesem Impuls werden die beiden Zähler 10, 11 jeweils auf den Zählerstand null zurückgesetzt. Mit dem ersten Zähler 10 wird die Länge der Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtimpulsen 2 erfaßt. Hierzu wird der Zähler 10 mit dem ersten am Empfänger 4 registrierten Lichtimpuls 2 über Setzen des Ausgangs Q0 des zweiten Zählers 11 aktiviert. Der erste Zähler 10 wird dann im Takt der Frequenz  $f_1$  des Taktgenerators solange hochgezählt, bis der zweite Lichtimpuls 2 am Empfänger 4 registriert wird. Dadurch wird der Ausgang Q1 des zweiten Zählers 11 gesetzt und gleichzeitig der Ausgang Q0 des zweiten Zählers 11 zurückgesetzt, wodurch der erste Zähler 10 angehalten wird. Hat der erste Zähler 10 einen dem Wert  $F \cdot T_p$  entsprechenden Sollwert erreicht, so wird der an den ersten Zähler 10 angeschlossene Eingang des UND-Glieds 16 gesetzt.

Mit dem zweiten Zähler 11 wird die Anzahl der während des betreffenden Rahmenintervalls auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtimpulse 2 gezählt. Entspricht die registrierte Anzahl der Lichtimpulse 2 den Sollwerten N-1 oder N, so wird auch der zweite Eingang des UND-Glieds 16 gesetzt, worauf über das D-Flip-Flop 17 der Schaltausgang 18 aktiviert wird, so daß er den Schaltzustand "Lichtweg frei" annimmt.

Während der ersten Rahmenintervalle a, b, c sind diese Bedingungen nicht erfüllt. Während des Rahmenintervalls a wird nur ein Lichtimpuls 2 registriert, so daß die Sollwerte

$N = 3$  beziehungsweise  $N-1 = 2$  nicht erreicht werden.

Während des Rahmenintervalls b werden zwar zwei Lichtimpulse 2 registriert, was dem Sollwert  $N-1$  entspricht. Jedoch stimmt die Länge der Pause zwischen den Lichtimpulsen 2 nicht mit der geforderten Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  überein.

Schließlich werden im Rahmenintervall c fünf Lichtimpulse 2 registriert, wobei diese Anzahl nicht den Sollwerten  $N-1$  oder  $N$  entspricht.

Dementsprechend befindet sich die Lichtschranke 1 bis zum Ablauf des Rahmenintervalls c im Schaltzustand "Lichtweg nicht frei".

Erst nachdem im Rahmenintervall d genau drei Lichtimpulse 2 registriert werden, wobei die Pausen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Lichtimpulsen 2 mit der vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmen, wechselt die Lichtschranke 1 in den Schaltzustand "Lichtweg frei".

Da im Rahmenintervall e wiederum drei Lichtimpulse 2 registriert werden, bleibt die Lichtschranke 1 auch nach Ablauf des Rahmenintervalls e im Schaltzustand "Lichtweg frei".

Erst nachdem im Rahmenintervall f kein Lichtimpuls 2 registriert wurde, wechselt die Lichtschranke 1 wieder in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei".

Gemäß einem zweiten nicht dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist die Auswerteeinheit 8 wiederum zwei Zähler  $Z_1$ ,  $Z_2$  auf. Mit dem ersten Zähler  $Z_1$  wird analog zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 jeweils die Länge der Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtimpulsen 2 registriert. Die Länge dieser Pause wird mit der Länge der Sendepause  $T_p$  verglichen. Stimmt die Länge der Pause mit vorgebender Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  überein, so wird der Zählerstand des zweiten Zählers  $Z_2$  um den Wert eins erhöht.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel liegt die geforderte Genauigkeit vor, wenn eine Pause innerhalb einer oberen und unteren Toleranzgrenze  $T_O$ ,  $T_U$  mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmt. Vorzugsweise beträgt  $T_O = 1,05 \cdot T_p$  und  $T_U = 0,98 \cdot T_p$ .

Schließlich wird der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  um den Wert eins dekrementiert, falls während einer Periodendauer  $T$  kein Lichtimpuls 2 am Empfänger 4 registriert wird.

Das Dekrementieren des Zählers  $Z_2$  erfolgt nur solange bis ein unterer Grenzwert  $S_U$  erreicht ist, wobei im vorliegenden Ausführungsbeispiel  $S_U = 0$  beträgt. Sobald der Grenzwert  $S_U$  erreicht ist, wechselt die Lichtschranke 1 in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei".

Entsprechend wird der Zähler  $Z_2$  nur solange inkrementiert, bis ein Sollwert  $S_O$  erreicht ist, wobei im vorliegenden Ausführungsbeispiel  $S_O = 3$  beträgt. Sobald dieser Sollwert erreicht ist, wechselt die Lichtschranke 1 in den Schaltzustand "Lichtweg frei".

Die Funktionsweise einer nach diesem Auswerteverfahren arbeitenden Lichtschranke 1 ist in den Fig. 3a und 3b dargestellt.

Wie in den Fig. 3a, 3b dargestellt, emittiert der Sender 3 periodisch Lichtimpulse 2 mit einer Pulsdauer  $T_s$ , wobei auf jeden Lichtimpuls 2 eine Sendepause  $T_p$  folgt. Die Periodendauer beträgt demzufolge  $T = T_s + T_p$ .

Bei dem in Fig. 3a dargestellten Beispiel befindet sich die Lichtschranke 1 anfangs im Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" und der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  beträgt Null.

Die ersten beiden vom Sender 3 emittierten Lichtimpulse 65 2 treffen nicht auf den Empfänger 4, da ein Objekt im Strahlengang der Lichtschranke 1 angeordnet ist. Demzufolge bleibt der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  auf dem Wert null und

der Schaltzustand der Lichtschranke 1 "Lichtweg nicht frei" bleibt erhalten.

Die vom Sender 3 danach emittierten Lichtimpulse 2 treffen jeweils auf den Empfänger 4. Da die Pausen zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtimpulsen 2 mit den Sendepausen  $T_p$  übereinstimmen, wird jeweils nach Registrieren einer mit der Sendepause  $T_p$  übereinstimmenden Sendepause der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  um den Wert eins inkrementiert, bis dieser schließlich zum Zeitpunkt  $t_1$  den Sollwert  $S_O = 3$  erreicht, worauf die Lichtschranke 1 in den Schaltzustand "Lichtweg frei" wechselt. Auch nachdem ein weiterer vom Sender 3 emittierter Lichtimpuls 2 registriert wurde, verbleibt der Zähler  $Z_2$  beim Zählerstand  $S_O = 3$ , da die Pause wiederum mit der Sendepause  $T_p$  übereinstimmt.

Zum Zeitpunkt  $t_2$  trifft zwischen zwei vom Sender 3 emittierten Lichtimpulsen 2 ein kurzer Störlichtimpuls  $S$  auf den Empfänger 4. Somit werden mit dem Zähler  $Z_1$  zwei Pausen  $T_1$  und  $T_2$  registriert, deren Längen zwar nicht mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmen, welche jedoch kleiner als die Periodendauer  $T$  sind. Demzufolge bleibt der Zählerstand mit dem Wert drei erhalten. Ebenso verbleibt die Lichtschranke 1 im Schaltzustand "Lichtweg frei".

Anschließend werden die vom Sender 3 emittierten Lichtimpulse 2 wieder störungsfrei empfangen, wobei auch hier der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  unverändert bleibt. Ebenso verbleibt die Lichtschranke 1 im Schaltzustand "Lichtweg frei". Somit bewirkt die kurze Störstrahlung keine unerwünschte Änderung des Schaltzustands der Lichtschranke 1.

In Fig. 3b befindet sich eine Lichtschranke 1 anfangs im Schaltzustand "Lichtweg frei", der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  entspricht dem Sollwert  $S_O = 3$ .

Die ersten beiden vom Sender 3 emittierten Lichtimpulse 2 treffen auf den Empfänger 4. Da die Länge der Pause zwischen diesen Lichtimpulsen 2 der Länge der Sendepause  $T_p$  entspricht und damit kleiner als die Periodendauer  $T$  ist, bleibt der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  bei  $S_O = 3$  und die Lichtschranke 1 bleibt im Schaltzustand "Lichtweg frei".

Danach tritt ein Objekt in den Strahlengang der Lichtschranke 1, so daß die vom Sender 3 emittierten Lichtimpulse 2 nicht mehr zum Empfänger 4 gelangen.

Nachdem während eines ersten Zeitintervalls der Dauer  $T$  kein Lichtimpuls 2 am Empfänger 4 registriert wurde, wird der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  auf den Wert zwei dekrementiert.

Nachdem während zweier weiterer Zeitintervalle der Dauer  $T$  nochmals kein Lichtimpuls 2 am Empfänger 4 registriert wurde, wird der Zählerstand des Zählers  $Z_2$  weiter dekrementiert, bis dieser den Zählerstand null annimmt, worauf die Lichtschranke 1 in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt. Nachdem auch nachfolgend keine Lichtimpulse 2 auf den Empfänger 4 auftreffen, bleibt der Zählerstand null erhalten und die Lichtschranke 1 verbleibt im Schaltzustand "Lichtweg nicht frei".

In einer Abwandlung dieses Auswerteverfahrens wird der Zählerstand des zweiten Zählers  $Z_2$  nicht nur dann um den Wert eins dekrementiert, wenn während einer Periodendauer  $T$  kein Lichtimpuls 2 am Empfänger 4 registriert wird. Vielmehr wird der Zählerstand des zweiten Zählers  $Z_2$  auch dann um den Wert eins dekrementiert, falls die Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger 4 auftreffenden Lichtimpulsen 2 nicht mit der vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmt. In diesem Fall können auch Störlichtimpulse einen Übergang der Lichtschranke 1 in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" bewirken.

Bei diesem Auswerteverfahren würde gemäß Fig. 3a nach

Auftreffen des Störlichtimpulses S bei  $t_2$  der Zählerstand des Zählers Z2 auf den Wert zwei dekrementiert, da die Pause  $T_1$  nicht mit der vorgegebenen Genauigkeit mit  $T_p$  übereinstimmt. Danach würde der Zählerstand nochmals auf den Wert eins dekrementiert, da auch die Pause  $T_2$  nicht mit  $T_p$  übereinstimmt. Da jedoch kein weiterer Störlichtimpuls mehr auftreift und die nachfolgend vom Sender 3 emittierten Lichtimpulse 2 störungsfrei am Empfänger 4 registriert werden, würde der Zählerstand danach wieder schrittweise bis zum Sollwert  $S_0$  erhöht, so daß der Schaltzustand der Lichtschranke 1 trotz des Auftretens der Störlichtimpulse im Schaltzustand "Lichtweg frei" verbleiben würde. Erst bei Einstrahlung mehrerer Störlichtimpulse ergäbe sich ein Wechsel des Schaltzustand. Durch eine geeignete Wahl von  $S_0$  kann somit auf einfache Weise die Störlichtempfindlichkeit der Lichtschranke 1 eingestellt werden.

Besonders vorteilhaft kann durch Vorgabe geeigneter Parameterwerte oder über Schalter ausgewählt werden, welche der beiden Varianten des Auswerteverfahrens aktiviert werden soll.

5

10

20

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Elimination von Störsignalen bei einer zwei Schaltzustände "Lichtweg frei" und "Lichtweg nicht frei" aufweisenden Lichtschranke mit einem periodisch betriebenen Sender und einem an eine Auswerteeinheit angeschlossenen Empfänger, dadurch gekennzeichnet, daß der Sender (3) innerhalb einer Periodendauer T einen Lichtimpuls (2) mit einer Pulsdauer  $T_s$  emittiert, worauf eine Sendepause  $T_p$  folgt, daß in der Auswerteeinheit (8) jeweils die Länge der Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger (4) auftreffenden Lichtimpulsen (2) mit der Länge der Sendepause  $T_p$  verglichen wird, daß die Lichtschranke (1) in den Schaltzustand "Lichtweg frei" wechselt, falls bei einer vorgegebenen Anzahl von Pausen jeweils deren Länge mit einer vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmt, und daß die Lichtschranke (1) in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt, falls während wenigstens einer Periodendauer T kein Lichtimpuls (2) am Empfänger (4) registriert wurde.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Pause zwischen zwei aufeinanderfolgend auf den Empfänger (4) auftreffenden Lichtimpulsen (2) in der Auswerteeinheit (8) mittels eines ersten Zählers Z1 erfaßt wird, welcher nach Registrieren eines ersten Lichtimpulses (2) gestartet und bei Registrieren des darauffolgenden zweiten Lichtimpulses (2) angehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mittels des Zählers Z1 erfaßte Länge der Pause zwischen den beiden Lichtimpulsen (2) mit der Länge der Sendepause  $T_p$  verglichen wird, daß bei einer innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit vorliegenden Übereinstimmung der Länge der Pause und der Sendepause  $T_p$  der Zählerstand eines zweiten Zählers Z2 um den Wert eins erhöht wird, und daß nach erfolgtem Vergleich der Zählerstand des ersten Zählers Z1 auf den Ausgangswert Null zurückgesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zählerstand des zweiten Zählers Z2 um den Wert eins dekrementiert wird, falls während einer Periodendauer T kein Lichtimpuls (2) am Empfänger (4) registriert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Zählerstand des zweiten Zählers Z2

um den Wert eins dekrementiert wird, falls die Länge der Pause zwischen zwei Lichtimpulsen (2) nicht mit der vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3-5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschranke (1) in den Schaltzustand "Lichtweg frei" wechselt, sobald der Zählerstand des zweiten Zählers Z2 einen Sollwert  $S_0 > 0$  erreicht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert  $S_0 = 3$  beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3-7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschranke (1) in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt, sobald der Zählerstand des zweiten Zählers Z2 den Wert  $S_U = 0$  erreicht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Genauigkeit der Übereinstimmung der Pause und der Sendepause  $T_p$  durch eine obere und untere Toleranzgrenze bezüglich der Länge der Sendepause  $T_p$  definiert ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die obere Toleranzgrenze  $T_O$  etwa  $T_O = 1,05 \cdot T_p$  beträgt und die untere Toleranzgrenze  $T_U$  etwa  $T_U = 0,98 \cdot T_p$  beträgt.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteeinheit (8) die auf den Empfänger (4) auftreffenden Lichtimpulse (2) jeweils innerhalb zeitlich konstanter, unmittelbar aufeinander folgender und gleicher Rahmenintervalle mit der Dauer  $T_R$ , welche im Bereich  $(N-1) \cdot T < T_R < N \cdot T$  liegt, ausgewertet werden, wobei  $N \cdot T$  ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer T mit  $N > 2$  ist, und daß die Lichtschranke (1) ausgehend vom Schaltzustand "Lichtweg frei" in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt, wenn während des zuletzt geschlossenen Rahmenintervalls die Längen der Pausen zwischen zwei aufeinanderfolgend am Empfänger (4) registrierten Lichtimpulsen (2) jeweils mit der vorgegebenen Genauigkeit mit der Länge der Sendepause  $T_p$  übereinstimmen und wenn die Anzahl der registrierten Lichtimpulse (2)  $N$  oder  $N-1$  beträgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschranke (1) ausgehend vom Schaltzustand "Lichtweg frei" in den Schaltzustand "Lichtweg nicht frei" wechselt, wenn während des zuletzt geschlossenen Rahmenintervalls weniger als  $N-1$  Lichtimpulse (2) registriert wurden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Genauigkeit der Übereinstimmung der Längen der Pause und der Sendepause erreicht ist, wenn die Länge der Pause wenigstens dem Wert  $F \cdot T_p$  entspricht, wobei  $F$  im Bereich  $0,85 \leq F \leq 0,95$  liegt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß  $F$  den Wert  $F = 0,9$  annimmt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-14, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer  $T_R$  des Rahmenintervalls im Bereich  $2T < T_R < 3T$  liegt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer  $T_R$  des Rahmenintervalls  $T_R = 2,5 \cdot T$  beträgt.

Fig.1

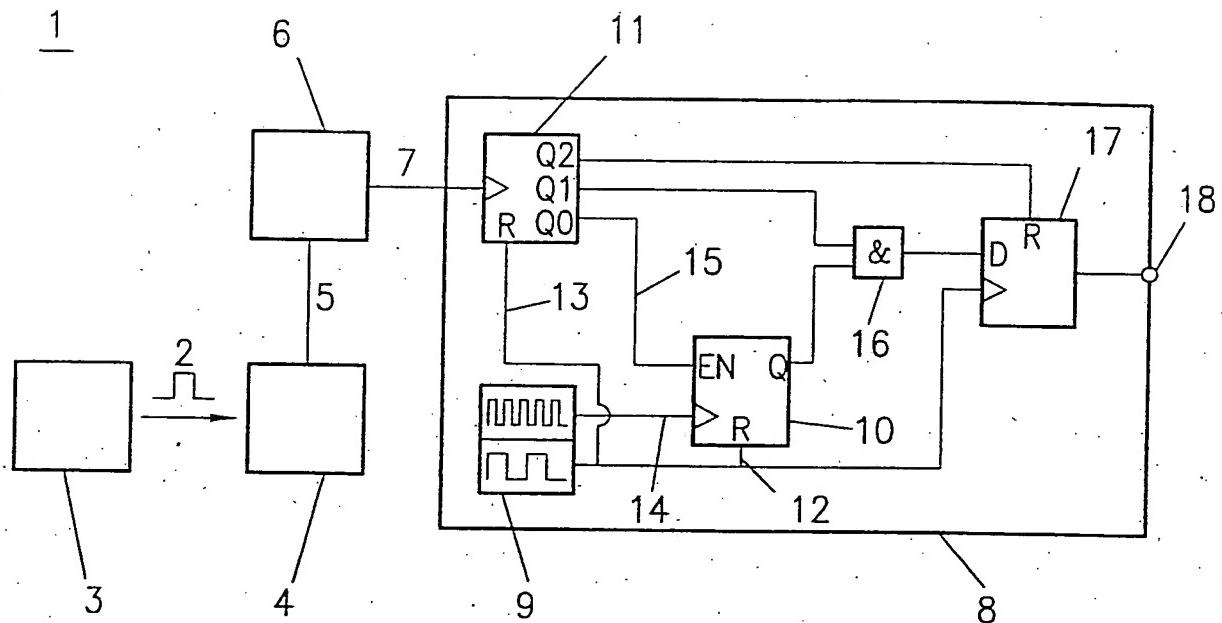


Fig.2

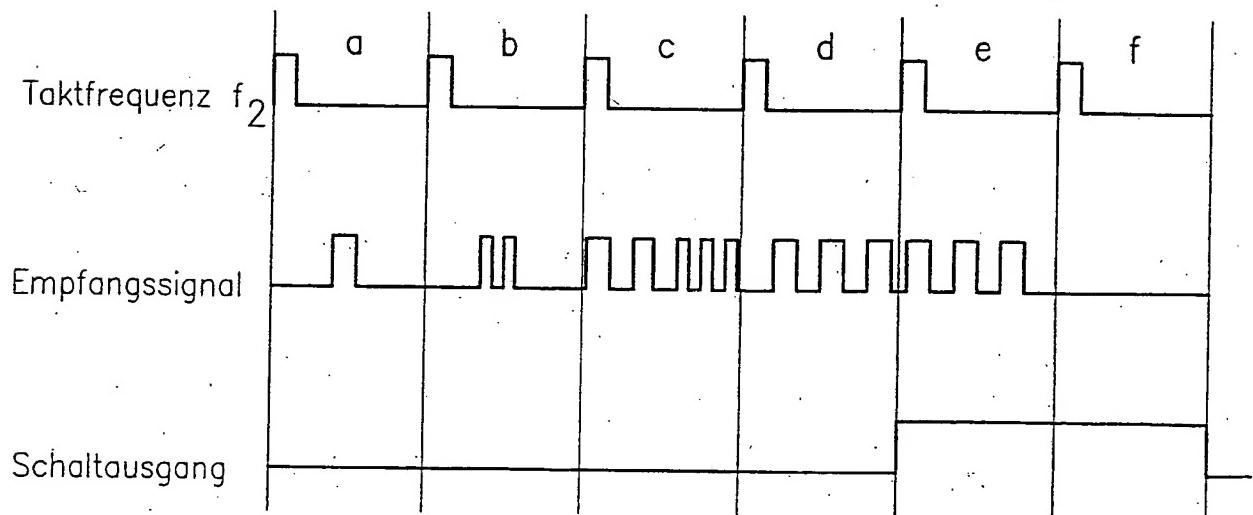


Fig. 3a

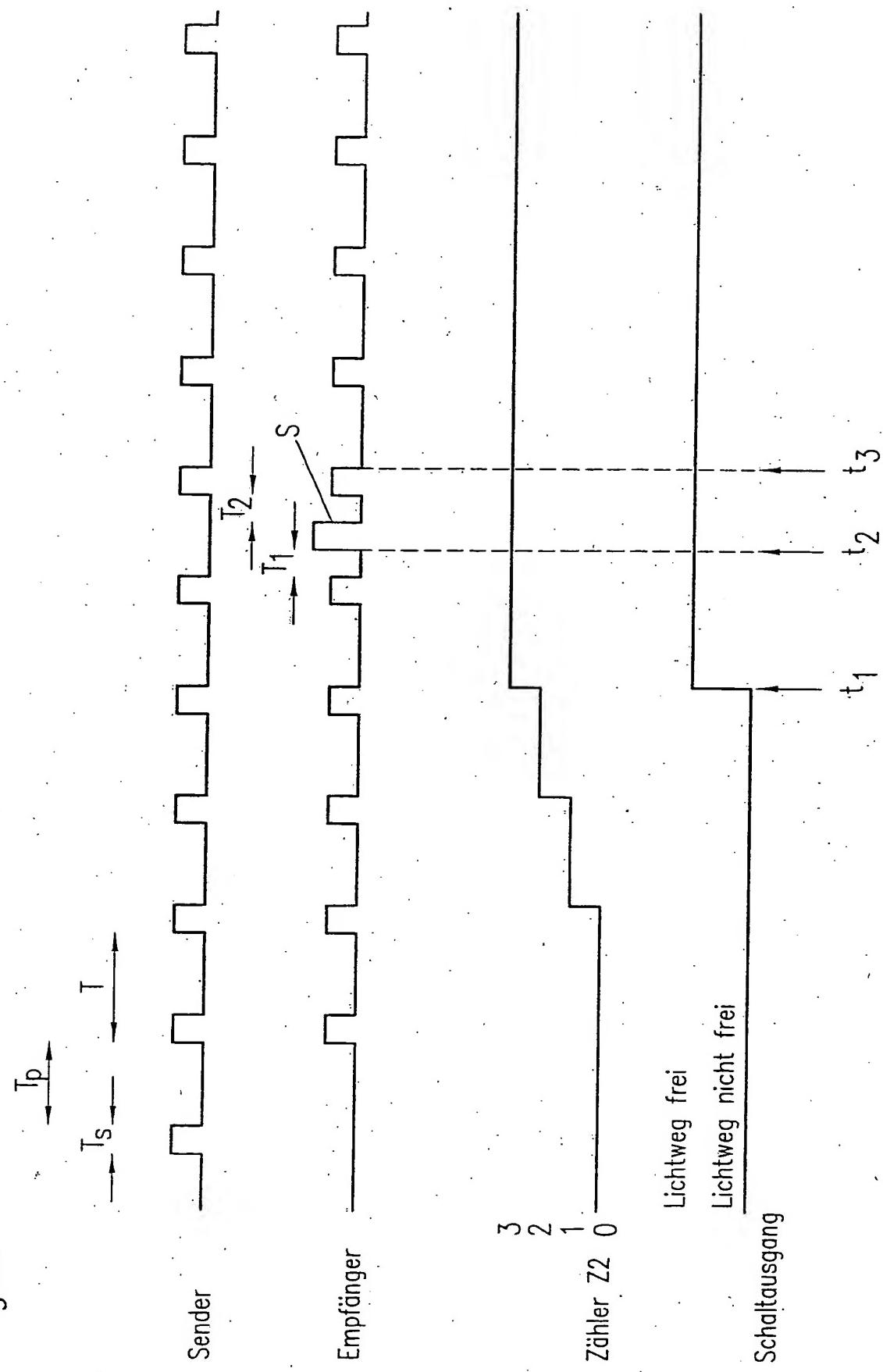


Fig. 3b

